

ICS 75.180.10

E 11

备案号: 8200—2001

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5939—2000

重力仪使用与维护

Operation and maintenance for gravimeter

2000-12-25 发布

2001-06-01 实施

国家石油和化学工业局 发 布

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 引用标准	1
3 仪器的检查与调节	1
4 仪器的使用	5
5 仪器的维护	6
6 仪器的常见故障及排除方法	6

前 言

本次修订对原 SY/T 5939—94 的章节进行了调整，对内容进行了修改、补充和完善，同时吸收了 SY/T 5819—93《重力勘探技术规程》中附录 B 的内容。SY/T 5819—93 修订时将不再含有附录 B 的内容。

本标准从生效之日起，同时代替 SY/T 5939—94。

本标准由中国石油天然气集团公司提出。

本标准由石油物探专业标准化委员会归口。

本标准起草单位：石油地球物理勘探局第五地质调查处。

本标准起草人 高 林 蔡 鑫 万盘祥

本标准于 1994 年 4 月首次发布，本次为第一次修订。

重力仪使用与维护

代替 SY/T 5939—94

Operation and maintenance for gravimeter

1 范围

本标准规定了石英弹簧重力仪（ZSM 型、CG-2 型、WORLDEN 型重力仪），LCR-G 型、LCR-D 型和 CG-3 重力仪的使用和维护方法。

本标准适用于陆上重力勘探重力仪的使用与维护。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

SY/T 5819—93 重力勘探技术规程

3 仪器的检查与调节

3.1 石英弹簧重力仪的检查与调节

3.1.1 测程调节

石英弹簧重力仪测量过程中若因重力变化超出仪器的直读范围时，需进行测程调节，调节步骤如下：

a) 调平仪器，把计数器读数调到中间位置（约 500 格）或者根据需要调到某个读数附近。

b) 打开测程调节孔，目视镜筒，当十字丝（亮线）在标尺（零线）左边时，则用改锥顺时针方向转动测程调节螺丝，直到亮线接近零线；当十字丝在标尺右边时，则反时针方向旋转调节螺丝。

c) 调节后，将仪器提起，上下晃动几分钟后，重新调平读数；当前后读数重复性符合要求时，表明仪器已经稳定，可以投入使用。

3.1.2 纵水准器的检查与调节

在确认纵、横水泡与仪器外壳上三个脚螺旋相对位置正确后，置平仪器，转动计数器，使亮线和零线重合。转动脚螺丝，使纵（横）水准器气泡分别向两端缓慢偏移，观察亮线移动方向。若都向零线（读数线）的左侧方向，即读数小的方向移动，说明水准器正确；若有其中一个向右侧的方向移动，则需要调节，其步骤如下：

a) 打开调节孔塞，用水平脚螺丝将两个水准器的气泡居中。

b) 在纵向水平脚螺丝上做一固定标志，以指示水平脚螺丝的位置。

c) 将纵向水平脚螺丝逆时针方向转动约 3 个刻度后测定水泡曲线。每读一数后，将纵向水平脚螺丝顺时针方向转动半个刻度，读第二个数。顺序读下去，直到转过标志线三个刻度为止，分别记下纵水平脚螺丝在各个刻度上的相应读数。

d) 以仪器的纵向倾角（脚螺丝刻度）为横坐标，以相应位置（刻度）上的读数为纵坐标，绘出纵向倾角与读数的关系曲线，即纵水泡曲线。

e) 将纵向脚螺丝转动到曲线极大值对应的刻度上，用小改锥把纵水准器调平，使气泡居中。如果水准器偏离较大，测不出曲线的极大值，应扩大脚螺丝的转动范围。

f) 在调节纵水平脚螺丝时,横水准器的气泡应始终保持居中。

3.1.3 横水准器的检查与调节

任选一个横向水平脚螺丝来测定横水泡曲线(选定后,在调节过程中不许动另一个横向水平脚螺丝;并且在测曲线过程中,始终保持纵水准器水泡居中),步骤执行 3.1.2。

3.1.4 亮线灵敏度的检查与调节

调平仪器,转动计数器,使亮线和零线重合后读数。然后将亮线移动到刻度“1”线时读数(ZSM 型、CG-2 型重力仪读数差应在 16~20 格, WORLDEN 型重力仪读数差应在 20~50 格范围内),超出范围应进行调节。

提高灵敏度实施以下步骤:

a) 调平仪器,使亮线与零线重合。将目镜座顺时针方向转动一个角度,这时亮线与零线交叉。左手握住目镜座使其不动,用右手反时针方向转动目镜筒,使零线与亮线平行,这时零线移至亮线的右边。

b) 重新调节纵水准器,使新的零点位置与水平位置一致。

c) 测定亮线灵敏度,检查是否符合要求;否则重复 a)~c) 步骤,直到符合要求为止。

降低灵敏度时转动方向与上述相反。

3.2 LCR-G 型、LCR-D 型重力仪的检查与调节

3.2.1 LCR-D 型重力仪测程调节

LCR-D 型重力仪测量过程中若重力变化超出仪器的直读范围时,需进行测程调节,调节步骤如下:

a) 将仪器调平,把计数器读数调到中间位置(约 1000 格)或者根据需要调到某个读数附近。

b) 打开测程调节孔,目视镜筒,当十字丝(亮线)在标尺(零线)左边时,则用螺丝刀顺时针方向转动测程调节螺丝,直到亮线接近零线;当十字丝在标尺右边时,则反时针方向旋转调节螺丝。

c) 调节后,将仪器锁摆,上下晃动几分钟后,重新调平读数;当前后读数重复性符合要求时,表明仪器已经稳定,可以投入使用。

3.2.2 光学灵敏度的检查与调节

LCR-G 型重力仪光学灵敏度应调至 9~11 目镜分划/计数轮 1 周;

LCR-D 型重力仪光学灵敏度应调至 9~11 目镜分划/计数轮 10 周。

3.2.2.1 检查方法

a) 调平仪器,松摆,打开照明灯;

b) 用亮线切准读数线 δ_0 ,读取仪器读数 S_0 ;

c) 将读数轮旋至 $S_1 = S_0 + 0.5$ 格处,读取亮线在目镜分划板上的格数 δ_1 ;

d) 再将读数轮倒旋一周至 $S_2 = S_0 - 0.5$ 格处,读取亮线的分划格数 δ_2 ;

e) 光学位移灵敏度用式 (1) 计算:

$$q = (\delta_1 - \delta_2) / (S_1 - S_2) \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中: q ——光学位移灵敏度;

S_1, S_2 ——分别为读数轮之读数;

δ_1, δ_2 ——分别为目镜分划板之读数。

3.2.2.2 调节方法

a) 通常纵水泡左移使灵敏度提高,若 $q < 9$,应降低仪器右端;若 $q > 11$,应升高仪器右端。一般一次位移 0.2 格测定一次灵敏度 q ,直至 q 值调到 9~11 为止。

b) 调节水泡螺丝,使纵水准器居中。

c) 在上述过程中,移动纵水泡时,横水泡始终保持居中。

注：LCR 型重力仪的读数单位以读数轮转动的周数为计数单位（格），其读数轮分 100 小格。LCR-G 型仪器每转一周相当 $1000 \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ，LCR-D 型仪器每转一周相当 $100 \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

3.2.3 电子灵敏度的检查与调节

3.2.3.1 测定方法（采用电压表读数）

- 将数字电压表显示为“0”附近时，读数取整到 0.01 格，此处设为 S_0 ；
- 将读数旋转到 $S_1 = S_0 + 0.05$ 格处，读取电压表读数 V_1 ；
- 将读数旋转到 $S_2 = S_0 - 0.05$ 格处，读取电压表读数 V_2 ；
- 重复 b) 步骤，得电压表读数 V'_1 ；
- 电子灵敏度 Q 的计算见式 (2)：

$$Q = \left| \frac{V_1 + V'_1}{2} - V_2 \right| \text{ mV} / (0.1 \text{ 格}) (\text{读数轮}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中： Q ——电子灵敏度， $\text{mV} / (0.1 \text{ 格})$ ；

V_1, V'_1, V_2 ——分别为电压表读数，单位 mV 。

3.2.3.2 调节方法

用电压表调节步骤：

- 当滤波盒的衰减倍数为 20 倍时， Q 值选用 $(10 \sim 20 \text{ mV}) / (0.1 \text{ 格})$ 为宜。
 - 若 Q 值不在上述范围内，则需调节。将读数轮旋转到 $S = S_0 \pm 0.1$ 格处，用小螺丝刀插入面板上的“Sens”探孔，旋转电位器调节螺丝（反时针灵敏度减小，反之增大），使电压表的读数在上述 Q 值范围内。
 - 调节后，再按上述步骤检查一次 Q 值，直到符合要求。
- 若使用检流计读数，其灵敏度的要求是检流计指针移动刻度的一大格，相当于读数轮变化 0.1 格，调节方法同电压表读数法。

3.2.4 读数线的检查与调节

3.2.4.1 检查及调节方法之一

- 置平仪器，松摆；
- 旋转读数轮，使亮线切准仪器读数线 δ_0 （或电压表置零）；
- 用右侧脚螺旋使纵气泡左移 0.5 格，读取亮线在目镜分划板上的值 δ_1 （或电压表读数 V_1 ）；
- 用右侧螺旋使纵气泡右移 1 格，读取亮线在分划板上的值 δ_2 （或电压表读数 V_2 ）；
- 若 $\delta_1 \approx \delta_2 > \delta_0$ （或 $V_1 \approx V_2 > V_0$ ），则表明读数线正确；
- 若 $\delta_1 \neq \delta_2$ （或 $V_1 \neq V_2$ ），且 $\delta_1 > \delta_2$ （或 $V_1 > V_2$ ），则所选的读数线偏大（ $\delta_1 < \delta_2$ 或 $V_1 < V_2$ 时则偏小）；
- 调节：旋转读数轮，使亮线以 δ_0 为准，左移 0.05 格作为新的读数线（例：原读数线为 2.2，现为 2.15），以此为基准重复 b) ~ d) 步骤，直至找出正确的读数线。

3.2.4.2 检查及调节方法之二

- 置平仪器，松摆；
- 转动读数轮使亮线切准仪器所给的读数线，得读数 S_0 ；
- 旋转右侧螺丝，使纵气泡左移 0.5 格，用亮线切准读数线，得读数 S_1 ；
- 相反方向旋转右侧脚螺丝，使纵气泡右移 1 格，用亮线切准读数线，得读数 S_2 ；
- 若读数线准确（纵气泡位置正确），则 $S_1 - S_0 = S_2 - \delta_0$ ，或其小值与大值之比应大于 $2/3$ ；否则，应调节纵气泡；
- 调节：将气泡往偏大方向调整，每次用右脚螺丝使纵气泡偏移 0.2 格，应使亮线向 S_1 与 S_2 （或 δ_1 与 δ_2 ）之比值大的方向偏移，重复测定，直到符合要求为止，然后用螺丝刀将气泡居中即可。

3.2.5 横水准器的检查与调节

3.2.5.1 检查

- 置平仪器，松摆；
- 转动读数轮，使亮线切准读数线，得读数 S_0 ；
- 旋转左侧后脚螺丝，使横气泡前后各移 1 格，保持纵气泡居中，使亮线对准读数线，分别得读数 S_1 和 S_2 ；
- 若 $S_1 - S_0 = S_2 - S_0$ ，或其小值与大值之比大于 $2/3$ ，则横水泡位置正确，否则应调节。

3.2.5.2 调节

调节方法同 3.2.4.2 之 f) 款。

3.2.6 电子读数零位和检流计零位检查与调节

- 接上电压表（200mV 档）并使亮线切准读数线；
- 输出电压应在 $\pm 0.1\text{mV}$ 之间，检流计指针指在“0”附近；
- 若超出上述限差，则调节“Zero”孔位，使检流计指针至“0”或使数字电压表显示为“0”；
- 当改变读数线时，应调节电子读数零位，使光学读数线与电子零位一致。

3.3 CG-3 型重力仪的检查与调节

3.3.1 仪器的检查

每月应检查和调节温度补偿、零漂补偿、倾斜补偿各一次；野外停测时间超过 2h，应检查温度补偿情况。

3.3.2 仪器的调节

仪器加温 48h 后才能进行各种参数的调节。

仪器调节必须在硬实平整的地面上进行。

3.3.2.1 温度补偿调节

- 仪器液晶显示温度值超出 $(-2.0 \sim +2.0^\circ\text{C})$ 范围时，应进行温度偏差调节；
- 调节方法：卸下仪器细调盖板，用螺丝刀调节温度补偿电位器，逆时针旋转变值增大，顺时针旋转变值减小，调至 $(-2.0 \sim +2.0^\circ\text{C})$ 范围内，装好盖板。

3.3.2.2 零漂补偿调节

- 调节了温度补偿后，按键显示出 X 和 Y 轴倾斜值；
- 调平仪器；
- 使 X 和 Y 轴值均在 $\pm 10\text{rad}\cdot\text{s}$ 之内；
- 仪器经过 24h 连续观测后，停止读数循环；
- 将记录数据传送到计算机进行运算，获得精确零漂值后，在初始化常数方式中设置新的零漂常数。

3.3.2.3 倾斜补偿调节（电子水准器）

倾斜补偿最佳状态是：仪器倾斜值应与最大输出确定的相对于水平位置的倾斜值一致。倾斜传感器的零位调节是通过电位器的调节来实现的。其调节方法为：

- 顺时针旋转电位器 25 圈，逆时针转动 10 圈，将电位器置中间。
- 按启动键，值显示在液晶上。
- 调节脚螺丝，调至 $X = 150\text{rad}\cdot\text{s} \pm 10\text{rad}\cdot\text{s}$ ， $Y = 0 \pm 5\text{rad}\cdot\text{s}$ 。
- 待 5min 后，记下显示的值 (X_1) 。
- 读数 (R_1) 。
- 逆时针调节螺丝，调至 $X = -150\text{rad}\cdot\text{s} \pm 10\text{rad}\cdot\text{s}$ 。
- 调节后脚螺丝，使 $Y = 0 \pm 5\text{rad}\cdot\text{s}$ ；待 5min 后，记下显示的实际值 (X_2) 。
- 读数 (R_2) 并记录，且用式 (3) 计算零位误差：

$$X_e = \frac{R_1 - R_2}{X_1 - X_2} \times 4.3 \times 10^4 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中: X_1 , X_2 , X_e ——分别为倾斜度, $\text{rad}\cdot\text{s}$;

R_1 , R_2 ——分别为重力值, 10^{-5}m/s^2 ;

4.3×10^4 ——常数。

3.4 仪器的标定与试验

仪器的标定工作是指格值标定、长基线格值比例因子标定和校验点的建立;仪器的试验工作是指静态试验、动态试验等,具体内容见 SY/T 5819。

4 仪器的使用

4.1 观测前的准备工作

4.1.1 应在观测前 24h 使重力仪通电恒温,作业时应保持仪器恒温。观测前应提前 30min 切断充电器电源,换接电池电源。

4.1.2 电池电压不得低于 11.5V,否则应及时更换电池。更换电池应在当天观测前 30min 进行,一般不在测线进行的中途更换电池;中途必须更换电池时,应在更换后稳定 30min 再进行工作。

4.1.3 检查光学读数系统和水准器及仪器照明装置是否正常。

4.1.4 检查应携带的仪器底盘、记录本、铅笔等是否齐全。

4.1.5 静置的仪器观测前应晃动 5min 以上,或置于汽车上行驶 3min 以上。

4.2 测站上的工作程序

4.2.1 清理场地,靠近测点安置底盘及消除不安全因素。

4.2.2 将仪器小心提出仪器箱,轻置于底盘上,使横水准器和磁北方向平行,并使仪器大致水平。在以后的过程中,操作员不得离开仪器,在观测中应避免阳光直射和雨淋仪器。

4.2.3 调平仪器,松摆,转动归零盘,使检流计调至零位,并检查仪器电源电压和恒温温度是否正常。

4.2.4 应在松摆 5min 后,用零位法读取一组(三个)光学读数,或电子读数(也可用检流计读数法)。三个读数之间互差不得大于规定值(LCR-G 型为 $10 \times 10^{-8}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, LCR-D 型为 $5 \times 10^{-8}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$),石英弹簧重力仪不得大于 0.5 格,否则应补测一个数;舍去孤立值,若仍超限,则重测一组数。

4.2.5 每次读数应向同一方向旋转读数轮,对准读数线;读完一个数后,应将读数轮反方向旋转半圈以上,然后重新读数。

4.2.6 每读一个数后,应立即记录读数和时间,时间记至整分,采用北京时间。

4.2.7 观测时,应经常检查水准器,水准器偏移不得大于 0.1 格,否则应重新置平仪器并读数。

4.2.8 石英弹簧重力仪和 LCR-D 型重力仪测程应适合当地工区的重力观测范围。如工作中调节仪器,应使仪器稳定后,再进行工作。

4.2.9 测点完成后,应锁摆,并将仪器装入箱中。

4.2.10 工作中因故障停留 30min 以上时,应进行静态观测。

4.2.11 至少每三个月应将测微器满量程旋转一次,以保证测微器旋钮上的润滑剂均匀分布,且避免润滑剂硬化。

4.3 CG-3 重力仪

4.3.1 准备工作

4.3.1.1 仪器加温应不少于 48h。

4.3.1.2 仪器稳定后,应清除储存器中的信息。

4.3.1.3 按三级菜单键入所需的各种参数。

4.3.2 仪器操作步骤

4.3.2.1 仪器安放在三脚架上。

- 4.3.2.2 按下启动键，开始对 A/D 变换器校准并将倾斜探头输出，以数字形式显示。
- 4.3.2.3 用脚螺丝调平仪器（不超过 $\pm 5\text{rad}\cdot\text{s}$ ）。
- 4.3.2.4 按启动键，开始读数。
- 4.3.2.5 读数时，每秒钟显示一次重力值，操作员可以观察重力平均偏差和读数周期。
- 4.3.2.6 到规定的记数时间（60，120s…），按“停止”键停止读数。
- 4.3.2.7 按“记录”键储存读数。
- 4.3.3 工作方式
- 4.3.3.1 野外工作方式，每次读数应由操作员按一下键来启动仪器；
- 4.3.3.2 循环工作方式，则自动读数，只需预置两个读数之间的循环时间。

5 仪器的维护

5.1 仪器的运输

- 5.1.1 仪器从一个工区转移到另一个工区或从一个测点到下一个测点的运输过程中，都应在锁摆状态下进行，应有专人负责护送，减少震动，不得倾斜、磕碰，严禁卧置，严禁托运，确保安全。
- 5.1.2 不管是人背仪器还是手提仪器，都应经常检查仪器箱的背带和提手是否牢固可靠。背仪器时，步伐不宜太大，避免仪器与人背之间的撞击，艰难危险地段，应有人协助。
- 5.1.3 仪器冬季作业时，车内不应过多放暖气，以免车内外温差过大，影响工作质量。
- 5.1.4 仪器用汽车运输时，应中速行驶；当路面不好时，应减速行驶；尽量避免急刹车和急拐弯，操作员应坐在司机后面的第一个座位，或怀抱仪器，或放在厚海绵垫上。

5.2 仪器的存放

- 5.2.1 重力仪放置的场所，应安全适用，指定专人保管，非操作人员不许擅自动用仪器。
- 5.2.2 仪器存放场所的气温应接近于工作时的气温。
- 5.2.3 仪器长期存放的库房应防止过热和过冷，应注意防潮、防腐蚀、防光系发霉，应取出电池，恒温仪器每月通电恒温不低于 5d。

5.3 仪器的保养与维修

- 5.3.1 仪器每日用后应擦净尘土、汗迹，保持光系清洁。
- 5.3.2 每月应对仪器全面检查保养一次，每年应全面检查修理一次，并将检查和修理结果记入档案，在仪器外壳上贴上检验标签。严格履行交接手续。仪器登录本应认真记录，妥善保管。
- 5.3.3 仪器发生故障时必须及时检修。
- 5.3.4 仪器的信号输出专用插口应只与专用设备连接。
- 5.3.5 仪器设备的调节与检修应由专职人员来完成。

6 仪器的常见故障及排除方法

仪器的常见故障及排除方法见表 1。

表 1 仪器的常见故障及排除方法

现象	原因	排除方法
灯泡不亮	1) 灯泡烧坏	换灯泡
	2) 保险丝烧断	换保险丝
	3) 电池电力耗尽	换电池
	4) 插头接触不良	检查修理、更换
	5) 电路问题	检查修理

表 1 (完)

现象	原因	排除方法
亮线非周期摆动	1) 地震	等地震过后再作业
	2) 冰传递的各种震动	底盘不要直接置于冰面上
	3) 其他震动	找震源, 采取措施
亮线靠在一边不动	1) 粘摆	轻敲仪器面板
	2) 超出测程范围	调节测程
	3) 主弹簧损坏	送厂修理
读数不稳	纵水准器没调好, 灵敏度高	正确调节纵水准器
短时间内重复性不好	仪器掉温	检查电池电压及插头、线路
格值变大, 灵敏度变小	读数弹簧叠绕	送厂修理
计数器拧不动	1) 计数器顺时针方向旋转超出范围, 使测微螺杆上部的定程螺母与测微管卡紧	逆时针方向拧计数器到适当位置
	2) 计数器逆时针方向旋转超出范围, 使测微螺杆与面板相顶	顺时针方向拧计数器到适当位置
拧计数器时亮线停在某个位置上不随之移动	1) 读数超过测程范围上限, 使测微螺杆与导向部分脱节	顺时针方向拧计数器到适当位置
	2) 连杆固定螺钉松动, 使连杆转动时测微螺杆不动	拧紧固定螺丝
	3) 测量弹簧损坏	送厂修理